

**Задания и решения отборочного этапа олимпиады школьников «Ломоносов»
по физике 7-9 класс
2021/2022 учебный год.**

1. Автомобиль двигался из пункта *A* в пункт *B*. Первую треть своего пути он ехал со скоростью $v_1 = 60$ км/ч. Далее треть всего времени автомобиль двигался со скоростью $v_2 =$ км/ч. Оставшийся путь он ехал со скоростью $v_3 = 50$ км/ч. Определите среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ автомобиля на всем пути. Ответ приведите в км/ч, округлив до десятых.

Решение. (20 баллов). Пусть τ – все время движения автомобиля, S – весь пройденный им путь. Тогда из условия задачи вытекают следующие равенства: $\tau = t_1 + t_2 + t_3$, $S = S_1 + S_2 + S_3$, $S_1 = \frac{S}{3}$,

$t_2 = \frac{\tau}{3}$, $S_2 + S_3 = \frac{2S}{3}$ и $t_1 + t_3 = \frac{2\tau}{3}$. Учитывая, что $S_2 = \frac{v_2 \tau}{3}$, имеем $S_3 = \frac{2S}{3} - \frac{v_2 \tau}{3}$. Поскольку

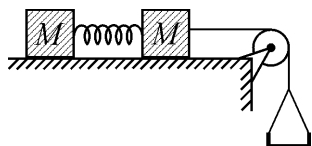
$t_1 = \frac{S}{3v_1}$ и $t_3 = \frac{S_3}{v_3}$, получим, что $t_1 + t_2 + t_3 = \frac{S}{3v_1} + \frac{\tau}{3} + \frac{2S}{3v_3} - \frac{v_2 \tau}{3v_3} = \tau$, а потому $v_{\text{ср}} = \frac{S}{\tau} = \frac{2v_3 + v_2}{2 + v_3/v_1}$.

Ответ: $v_{\text{ср}} = \frac{2v_3 + v_2}{2 + v_3/v_1}$.

Варьируемый параметр v_2 . Диапазон изменения от 50 до 100 км/ч с шагом 5 км/ч. Расчетная формула $v_{\text{ср}} = 0,3529 \cdot (100 + v_2)$.

v_2	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$v_{\text{ср}}$	52,9	54,7	56,5	58,2	60,0	61,7	63,5	65,3	67,0	68,8	70,6

2. На горизонтальном столе лежат два одинаковых кубика, связанных пружиной (см. рисунок).



Масса каждого кубика $M =$ г. Правый кубик соединен с легкой чашей нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Коэффициент трения между кубиками и столом $\mu = 0,1$. В исходном состоянии нить слегка натянута, а пружина не деформирована. Грузик какой минимальной массы m нужно осторожно (без толчка) положить на чашу, чтобы левый кубик сдвинулся с места? Нить, пружину и блок считайте невесомыми. Ответ приведите в граммах, округлив до десятых.

Решение. (20 баллов). Левый кубик сдвинется с места, когда сила упругости растянутой пружины станет равной по модулю максимальному значению силы трения покоя, удерживающей его на месте, т.е. при условии, что $kx = \mu Mg$, где k – коэффициент жесткости пружины, x – ее растяжение. До тех пор, пока левый кубик остается неподвижным, растяжение пружины совпадает с модулем перемещения правого кубика и чаши. Масса m грузика, лежащего на чаше, минимальна, если левый кубик начнет сдвигаться в момент, когда правый кубик остановится. В этом случае изменение потенциальной энергии грузика mgx расходуется только на работу против сил трения при движении правого кубика и потенциальную энергию деформации пружины. Имеем $mgx = \mu Mgx + \frac{kx^2}{2}$. Учитывая, что жесткость пружины может быть выражена через x как $k = \frac{\mu Mg}{x}$,

в итоге получаем величину минимальной массы $m = \frac{3}{2} \mu M$. **Ответ:** $m = \frac{3}{2} \mu M$.

Варьируемый параметр M . Диапазон изменения от 100 до 300 г с шагом 20 г. Расчетная формула $m = 0,15 \cdot M$.

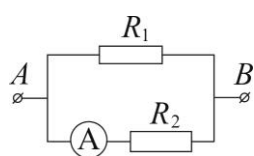
<i>M</i>	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
<i>m</i>	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0

3. В калориметре находится смесь воды и льда в состоянии термодинамического равновесия. Через время $\tau_1 = 30$ мин после включения спирали, подключённой к источнику постоянного напряжения, весь лёд растаял, а ещё через время $\tau_2 = \text{мин}$ вода нагрелась на $\Delta t = 5^\circ\text{C}$. Пренебрегая теплоёмкостью калориметра, определите отношение n массы воды $m_{\text{в}}$ к массе льда $m_{\text{л}}$ в момент включения спирали. Удельная теплоёмкость воды $c = 4,2$ Дж/(г·°C), удельная теплота плавления льда $\lambda = 340$ Дж/г. Ответ округлите до десятых.

Решение. (20 баллов). Пусть мощность, передаваемая спиралью содержимому калориметра, равна N . Поскольку в момент включения спирали смесь воды и льда находилась в состоянии термодинамического равновесия, т.е. при температуре таяния льда, то $m_{\text{л}}\lambda = N\tau_1$. По условию на нагрев образовавшейся и имевшейся в калориметре воды потребовалось время τ_2 . Следовательно, $(m_{\text{л}} + m_{\text{в}})c\Delta t = N\tau_2$ и $n = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{л}}} = \frac{\tau_2\lambda}{\tau_1 c\Delta t} - 1$. **Ответ:** $n = \frac{\tau_2\lambda}{\tau_1 c\Delta t} - 1$

Варьируемый параметр τ_2 . Диапазон изменения от 5 до 10 мин с шагом 0,5 мин. Расчетная формула $n = 0,54 \cdot \tau_2 - 1$.

τ_2	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
n	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4



4. Два резистора сопротивлениями $R_1 = 25$ Ом и $R_2 = 100$ Ом соединены параллельно и включены в цепь постоянного тока. Какая мощность N выделяется на участке между точками A и B , если идеальный амперметр, включенный последовательно с резистором R_2 , показывает силу тока $I_2 = \text{А}$? Ответ округлите до целых.

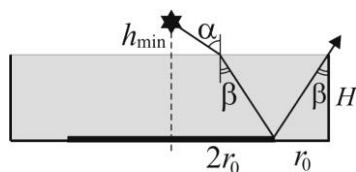
Решение. (20 баллов). Поскольку резисторы соединены параллельно, справедливо равенство $I_1 R_1 = I_2 R_2$. Кроме того, ток в неразветвленной цепи $I = I_1 + I_2$. Из этой системы уравнений находим, что $I = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot I_2$. По закону Джоуля–Ленца $N = R_{\text{общ}} I^2$, где $R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Из записанных выражений находим, что $N = \frac{(R_1 + R_2) R_2}{R_1} I_2^2$. **Ответ:** $N = \frac{(R_1 + R_2) R_2}{R_1} I_2^2$.

Варьируемый параметр I_2 . Диапазон изменения от 0,1 до 1,1 А с шагом 0,1 А. Расчетная формула $N = 500 \cdot I_2^2$.

I_2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
N	5	20	45	80	125	180	245	320	405	500	605

5. Непрозрачный цилиндрический сосуд высотой $H = \text{см}$ и радиусом $3r_0$ до краев наполнен водой. В центре сосуда на дне расположено круглое зеркало радиусом $2r_0$. Точечный источник света находится над поверхностью воды точно над серединой зеркала. На какое минимальное расстояние h_{min} от поверхности воды можно приблизить источник света, чтобы при этом все световые лучи, отраженные от зеркала, вышли из сосуда. Показатель преломления воды примите равным $n = 1,33$, а $r_0 = 10$ см. Ответ приведите в сантиметрах, округлив до десятых.

Решение. (20 баллов). Построим ход луча, падающего на край зеркала (см. рисунок). По закону



преломления света $\sin\alpha = n\sin\beta$, где $\sin\alpha = \frac{r_0}{\sqrt{r_0^2 + h_{\min}^2}}$ (здесь учтено

равенство треугольников, из которого следует, что точка преломления

находится на расстоянии r_0 от центра), а $\sin\beta = \frac{r_0}{\sqrt{r_0^2 + H^2}}$. Подставляя

эти выражения в первое равенство и решая относительно h_{\min} , получим, что $h_{\min} = \sqrt{\frac{r_0^2 + H^2}{n^2} - r_0^2}$.

Ответ: $h_{\min} = \sqrt{\frac{r_0^2 + H^2}{n^2} - r_0^2}$.

Варьируемый параметр H . Диапазон изменения от 10 до 30 см, с шагом 2 см. Расчётная формула

$$h_{\min} = \sqrt{0,565 \cdot (100 + H^2) - 100}.$$

H	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
h_{\min}	3,6	6,1	8,2	10,1	11,8	13,5	15,2	16,8	18,4	20,0	21,6